

Optimalizace procesu CNC broušení tenkých komponentů

Adam Kurka

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adam Kurka**
Osobní číslo: **T16868**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace procesu CNC broušení tenkých komponentů**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická studie na dané téma
2. Analýza současného stavu procesu výroby tenkých komponentů
3. Optimalizace procesu výroby a ověření
4. Diskuze dopadů optimalizace a doporučení metodiky implementace pro praxi

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Groover Mikell P. Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems. 5th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2013, xv, 1101s. ISBN 978-1-118-23146-3
2. Kocman Karel. Technologické procesy obrábění, Vyd.1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330s. ISBN 978-80-7204-722-2
3. Bílek Ondřej a Imrich Lukovics. Výrobní inženýrství a technologie. 1.vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 173s. ISBN 978-80-7454-471-2
4. Leinveber Jan a Pavel Vávra. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářské práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 15.5.2017


.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou vstupní situace broušení tenkých dílů na pracovišti CNC rovinného broušení. Tyto díly byly převedeny jako nový produkt z mateřského závodu v Německu a jsou pro firmu velmi důležitým produktem s potenciálem vysokého nárůstu objemu výroby v následujících letech.

Pro zajištění stability výroby, kvality a splnění zákaznického požadavku bylo nutné provést analýzu vstupní situace po zavedení produktu, identifikovat a zmapovat jednotlivé činnosti operátorů, brousícího procesu, potřebné nástroje a přípravky a jejich logistiku.

Na základě provedené analýzy byly navrženy kroky pro zlepšení jednotlivých činností. Tyto kroky byly zavedeny na základě modelu PDCA, byla překontrolována se jejich účinnost a následně byly upraveny případné odchylky tak, aby byla zajištěna stabilita procesu v sériové výrobě.

Tato doporučení slouží po implementaci jako návod a standard výrobního procesu a vedou k jeho zjednodušení a zefektivnění.

Klíčová slova: optimalizace, broušení, analýza, mapování, standard, výroba

ABSTRACT

This Bachelor Thesis deals with analysis of incoming situation of thin-parts grinding processed in the place of CNC flat-grinding. These parts have been transferred as a new product from the parent company situated in Germany representing a very important item with a potential of high growth in production volume for subsequent years.

It was important, for securing of production stability, quality and meeting the customer's demand, to make an incoming analysis of situation after the implementation of the product, then to identify and map particular operators activities, grinding proces, necessary tools, preparations and their logistics.

There have been made improving arrangements for individual activities based on the realised analysis. According to PDCA model, these steps were implemented, their effectiveness was checked and possible differences were modified in the way of securing the stability of series-production process.

These recomandations can be used as an instruction and standard of a production process and they head towards its simplification and efectiveness.

Key words: optimalization, grinding, analysis, mapping, standard, production proces

Mé poděkování patří Ing.Ondřeji Bílkovi Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 PROCES BROUŠENÍ	11
1.1 ZÁKLADNÍ METODY BROUŠENÍ	14
1.2 BROUSÍCÍ STROJE – BRUSKY	18
1.3 BROUSÍCÍ NÁSTROJE	23
2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ	26
2.1 HISTORICKÝ VÝVOJ	27
2.2 SOUČASNOST.....	29
3 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
4 HISTORIE A SOUČASNOST FIRMY	36
4.1 PRACOVNÍSTĚ CNC ROVINNÉ BROUŠENÍ	37
5 OPTIMALIZACE PROCESU BROUŠENÍ TENKÝCH DÍLŮ	40
5.1 LOGISTIKA	41
5.2 SEŘÍZENÍ STROJE	43
5.3 OBSLUHA STROJE	47
5.4 USPOŘÁDÁNÍ PRACOVNÍSTĚ, ERGONOMIE A 5S.....	50
ZÁVĚR	55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	57
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM TABULEK	60

ÚVOD

Optimalizace procesu patří už od pradávna k činnostem, o které by dokázali dlouho hovořit i naši předkové, kteří se pohybovali po lesích s ručně vyráběnými zbraněmi a jejich manželky se s ručně vyráběnými pomůckami staraly o chod jeskyně. Přece i v pohádce o třech prasátkách se dětem vypráví, jak domeček ze slámy a posléze ze dřeva nebyl dostatečně optimalizován na to, aby byla prasátka chráněna před zlým vlkem. Analyzováním situace a poučením se z chyb prasátka postavila dům z cihel a nad vlkem bylo vyhráno.

V dnešní době plně neustále nových požadavků na konečné vlastnosti výrobků, kdy je trh přesycen levným a často velmi nekvalitním, či dokonce zdraví škodlivým zbožím, zadává mnoho světových firem svou výrobu do zemí s levnou pracovní silou. Toto je pro ostatní firmy, a to i tuzemské, velkým motivátorem svou výrobu neustále zlepšovat. Organizace, které se chtějí udržet na trhu a stát se konkurenceschopnými, si musí stanovit cíle neustálého zlepšování a tyto cíle strukturovaně a důsledně následovat.

Tak jako bylo napsáno, optimalizace procesu patří k lidstvu po celou dobu jeho historie, tak i broušení patří k jedné z nejstarších obráběcích metod.

V mé bakalářské práci se zabývám optimalizací procesu CNC broušení tenkých dílů v dceřinné společnosti německého koncernu. Tyto díly mají na trhu velmi silnou konkurenci a bez stabilního procesu bude velmi těžké se na trhu s tímto výrobkem udržet.

Bakalářskou práci jsem rozdělil na část teoretickou a praktickou. V teoretické části je cílem vytvořit všeobecný přehled o metodě broušení, brousících strojích a nástrojích a v druhé části se budu věnovat optimalizaci procesu pomocí metody PDCA. Praktická část bude věnována optimalizaci procesu broušení tenkých dílů na CNC rovinné brusce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROCES BROUŠENÍ

Broušení patří mezi nejstarší metody jemného dokončovacího obrábění, svou charakteristikou použití nástroje s nedefinovanou geometrií břitu patří do skupiny abrazivních metod obrábění. Do abrazivních metod obrábění patří dále např. honování, lapování a superfinišování.

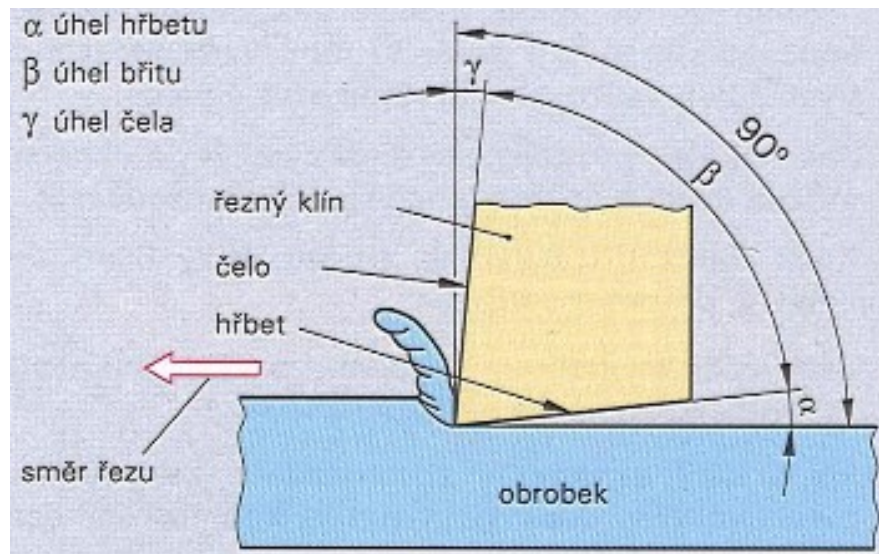
Broušením se odebírají drobné částičky třísky mnohábřitým nástrojem. Tato metoda představuje nejvíce využívanou aplikaci při obrábění strojírenských součástí a využívá se u součástí, u kterých jsou vysoké požadavky na dosahované parametry přesnosti obroběných ploch.

Tab. 1. Dosahované přesnosti obroběných ploch při broušení

Broušení	Metoda	Přesnosti rozměrů	Drsnost plochy
		Rozsah IT	Rozsah Ra [μm]
Vnější rotační plochy	Hrubování	9 – 11	0,8 – 3,2
	Dokončování	5 – 6	0,2 – 0,6
	Jemné	3 - 5	0,05 – 0,4
Vnitřní rotační plochy	Hrubování	9 – 11	1,6 – 3,2
	Dokončování	5 – 7	0,4 – 1,6
	Jemné	3 - 6	0,05 – 0,4
Rovinné plochy	Hrubování	9 – 11	1,6 – 3,2
	Dokončování	5 – 7	0,4 – 1,6
	Jemné	3 - 6	0,05 – 0,4

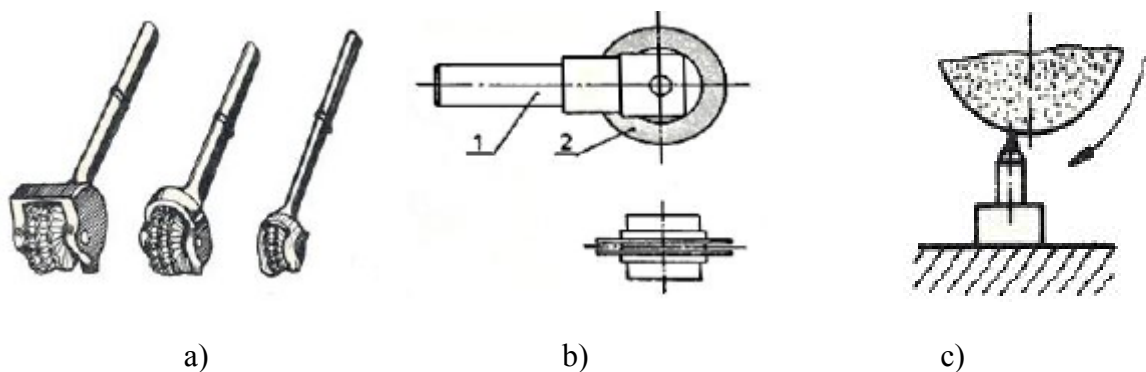
Mnohábřítový nástroj sestává z nepravidelně uspořádaných brousících zrn, která jsou vázána keramickou nebo jinou vazbou do válcového tvaru (brousící kotouč), tělíka, kamene či nástroje jiného tvaru. Dále pak mohou být brousící zrna použita přilepením k pružnému podkladu jako brousící pás. Geometrie nástroje, jako je tomu u jiných metod třískového obrábění, není přesně definována. Tvar a poloha brousících zrn v nástroji jsou nepravidelné a jednotlivá zrna mají i rozdílné řezné úhly [obr.1]. Brousící zrna, která jsou

vázána do brousícího nástroje, jsou z velmi tvrdých látek. Nejčastěji se používají syntetický korund, karbid křemíku, diamant, karbid bóru a kubický nitrid bóru.



Obr. 1. Geometrie brousících zrn [12]

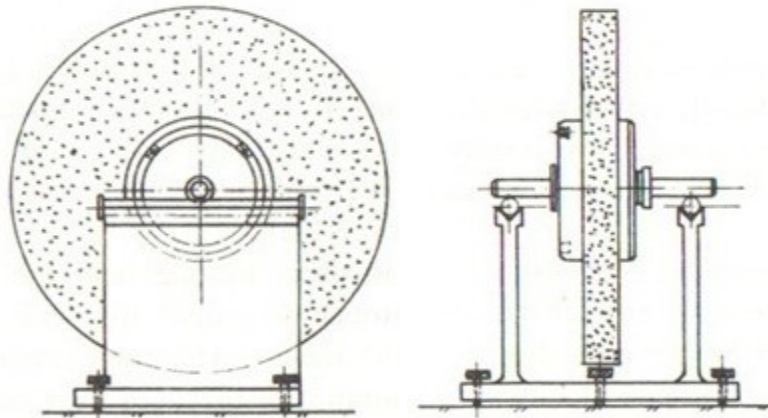
Tak jako při jiných metodách obrábění dochází i při broušení k opotřebování nástroje, kdy se brousící zrno během broušení vylamuje a dochází k tvarovým, či výkonnostním odchylkám. Obnovení přesnosti nástroje se u broušení provádí orovnááním nástroje za pomoci různých konstrukčních typů orovnávacích jednotek [obr.2]. Tyto orovnávače můžou být statické, dynamické, které jsou číslicově řízené [obr.3-4].



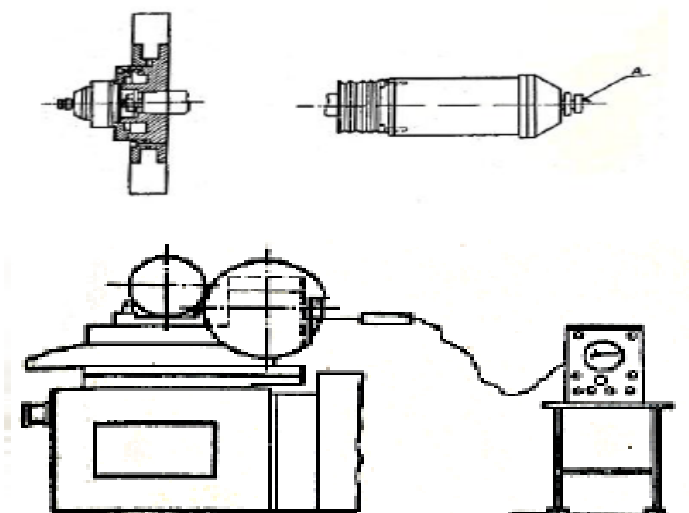
Obr. 2. Orovnávací jednotky brousících kotoučů [12]

- a) orovnávací kolečko
- b) kotouč ze SK
- c) diamantový statický

U brousících kotoučů je také nezbytně nutné správné vyvážení kotouče, tak aby těžiště kotouče bylo v ose vřetena brusky. Vyvážení kotouče rozdělujeme na statické, které se provádí na stojánku, vyvažovacích trnech, a dynamické, které se montuje přímo na přírubu brousícího kotouče nebo na řemenice vřetene. Zařízení na dynamické vyvažování je propojeno s řízením stroje a může se provádět zcela v automatickém režimu. Tímto způsobem lze zredukovat čas prostoje stroje z důvodu vyvažování kotouče, kdy není nutno sesazovat brousící kotouč z vřetene a provádí se přímo na stroji.



Obr. 3. Statické vyvažování brousících kotoučů [12]



Obr. 4. Dynamické vyvažování brousících kotoučů

[12]

Při broušení provádí brousící pohyb nástroj, který se stýká s obrobkem svým obvodem, nebo čelem. Pracuje se s malými úběry třísek (tisíciny mm^2) a velkou řeznou rychlostí, která dosahuje $25 - 180 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Během broušení odchází až 80% celkového vzniklého tepla do obrobku. Zbylé teplo je odváděno třískami, chladicí kapalinou a brousícím kotoučem.

Pro broušení se používá široký sortiment brousících strojů, brusek. Brusky rozdělujeme do skupin podle tvaru broušené plochy a podle druhu práce, která se na nich vykonává. První univerzální brousící stroje byly sestrojeny v r.1860. Vývoj brusek byl značně urychlen vynalezením prvního brousícího kotouče v r.1859.

1.1 Základní metody broušení

Ve strojírenské výrobě se brousící proces uskutečňuje různými metodami broušení, které se provádí jak na standardních, tak na číslicově řízených bruskách.

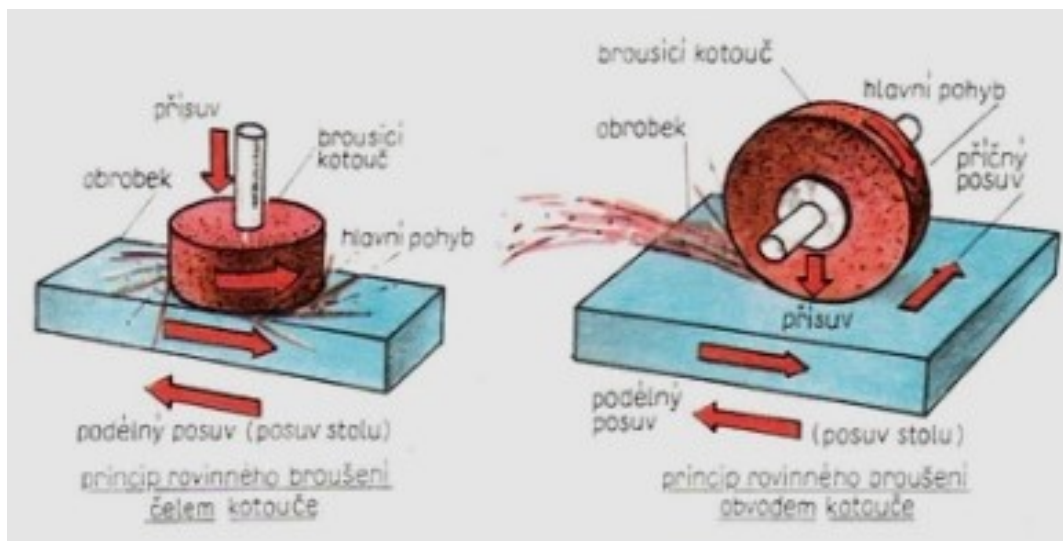
Volba vhodné metody broušení závisí na konkrétní technologické charakteristice broušeného obrobku a jeho vytváření, ke které se definují vhodná kritéria.

Základní rozdělení metod broušení nám udává hlavní pohyb posuvu stolu vůči brousícímu kotouči, ten se definuje jako:

- Axiální broušení
- Tangenciální broušení
- Radiální broušení
- Obvodové zápichové broušení
- Čelní zápichové broušení

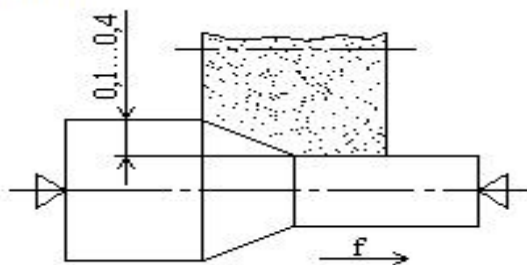
Podle požadovaného tvaru obrobku a jeho vytváření během broušení se brousící metody definují jako:

- **Rovinné broušení** – často jako dokončovací operace po předchozím frézování, hoblování, u materiálů velmi tvrdých, či s tvrdou kůrou se používá i jako vhodnější metoda místo frézování. Výsledkem je rovinná plocha, která se brousí obvodem nebo čelem brousícího kotouče [obr.5].



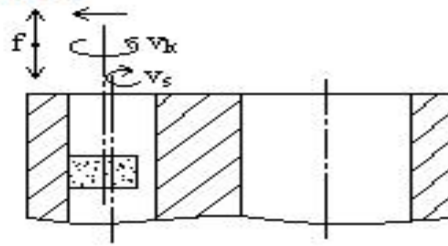
Obr. 5. Rovinné broušení [12]

- **Tvarové broušení** – pro tvarové povrchy i složitých tvarů (tvarové kalibry, šablony), provádí se profilovými kotouči nebo kotouči běžného tvaru. U kotoučů běžného tvaru vykonává kotouč nebo obrobek pohyb za pomoci šablony, tvar je definován pomocí číslicového řízení – CNC brusky [obr.6].



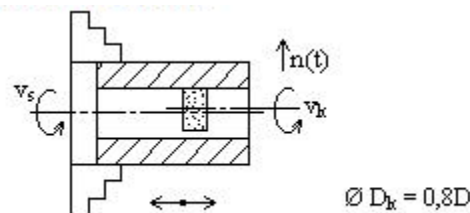
Obr. 6. Tvarové broušení [12]

- **Obvodové broušení** – nejpřesnější způsob broušení ploch, obrobek se otáčí nebo přímočaře posouvá, vhodné pro čela kotoučových fréz, okružních pil.
- **Čelní broušení** – méně přesné než obvodové broušení, avšak podstatně výkonnější, vhodné pro čelní plochy ozubených kol, pístní kroužky.
- **Planetové broušení** – broušení děr v obrobkách, které se pevně upnou na stůl brusky, brousící kotouč se otáčí kolem své osy, obíhá kolem osy díry v obrobku a současně se pohybuje ve směru osy díry obrobku [obr.7].



Obr. 7. Planetové broušení [12]

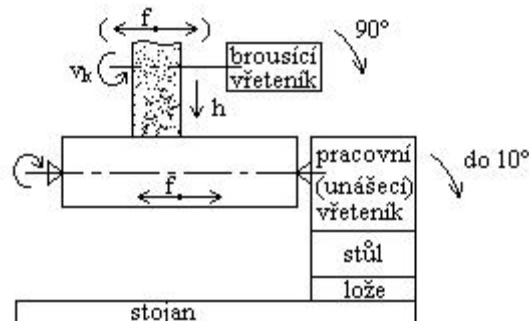
- **Vnitřní broušení do kulata** – brousící kotouč se vně díry obrobku otáčí kolem své osy, pohybuje se ve směru osy díry obrobku a současně se obrobek otáčí [obr.8]. Tato metoda broušení má nepříznivé podmínky během procesu, brousící zrna vstupují do procesu oddělování třísky a jsou namáhána. Díky tomuto efektu ztrácí brousící kotouče řeznou schopnost a geometrický tvar, následně je potřeba častějšího orovnění. Tato brousící metoda vyžaduje vysoké otáčky vřetena, kterých je často velmi obtížné dosáhnout. Díky nemožnosti nastavení vysokých otáček se setkáváme se zhoršenou jakostí broušeného povrchu. Volba poměru obvodové rychlosti obrobku a brousícího kotouče bývá v rozmezí $1:60 \div 1:100$. Zohledňované faktory při volbě obvodové rychlosti jsou materiál a druh tepelného zpracování, řezná rychlost a druh brousícího kotouče. Hodnota rychlosti ve směru osy se volí $0,2-0,8 \times$ šířka kotouče [mm].



Obr. 8. Vnitřní broušení [12]

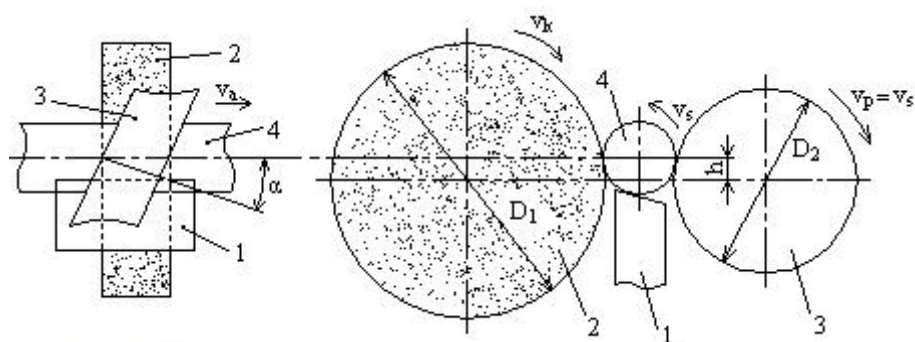
- **Vnitřní bezhroté broušení** – shodný princip jako vnitřní broušení se zachováním všech pohybů obrobku a brousícího kotouče, obrobek se však vkládá mezi podávací kotouč (zabezpečuje otáčení součásti), opěrný kotouč (určuje polohu součásti) a upínací kotouč (přitlačuje obrobek během broušení). Pouze u obrobků, které mají souosý válcový vnější povrch s vnitřním broušeným povrchem.

- **Obvodové broušení axiální** – broušení dlouhých obrobků, které se otáčí mezi hroty a současně se posouvají v ose obrobku, v mnoha případech se obrobek pouze otáčí a posuvný pohyb v ose obrobku vykonává nástroj [obr.9].



Obr. 9. Broušení mezi hroty [12]

- **Obvodové broušení radiální (zapichovací)** – 40-80% vyšší výkon ve srovnání s axiálním broušením, podmínkou je tuhý obrobek do délky 350mm.
- **Obvodové bezhroté broušení** – vysoká produktivita práce, pro přesné broušení velkosériové výroby.
- **Obvodové bezhroté průběžné broušení** – obrobek je vložen mezi brousící a podávací kotouč, kdy brousící kotouč má dvojnásobný průměr jako podávací, obvodovou rychlost obrobku určuje podávací kotouč [obr.10].



Obr. 10. Bezhroté broušení [12]

1 – vodící lišta, 2 – brousící kotouč, 3 – podávací kotouč, 4 – obrobek

- **Bezhroté zápichové broušení** – pro obrobky bez středícího důlku, které mají kuželové nebo tvarové plochy.

- **Broušení hloubkové** – brousící kotouč je nastaven na rozměr, pracovní krok se provede na jeden podélný zdvih stolu (podmínkou je malý přídavek na broušení), nejproduktivnější metoda broušení.

1.2 Brousící stroje – brusky

Brousící stroje jsou v dnešní době stále vyšších požadavků na přesnost výrobků, kvalitu broušeného povrchu, ekonomičnost, možnost použití, vyráběny a dodávány ze širokého spektra výrobců, v širokém spektru typů dle charakteru použití a aplikace. Základním rozdělením dle aplikace jsou tedy brusky nástrojové, které slouží k broušení nástrojů a brusky výrobní, které slouží k broušení součástí v oblasti výroby.

Skupiny brusek dle požadavku na přesnost a tvar broušených ploch:

- Brusky na hrubé broušení
- Brusky na přesné broušení
 - vnějších a vnitřních válcových ploch
 - rovinných ploch
- Brusky na ostření nástrojů
 - soustružnických, hoblovacích nožů
 - fréz, výstružníků, závitníků
 - šroubovitých vrtáků
 - kotoučových, pásových pil
- Brusky universální
- Brusky na leštění, hlazení

Skupiny brusek dle charakteru práce:

- Rovinné
- Hrotové
- Bezhroté
- Na díry
- Nástrojové
- Speciální (na ozubená kola, závity, klikové hřídele)

Rovinné brusky

Broušení rovinných ploch, tvarů, úkosů a pravých úhlů, většinou se jedná o dokončovací práce, kdy dostává obrobek konečný tvar a předepsanou přesnost broušené plochy. Brousí se jak obvodem kotouče, tak jeho čelem.

Rovinné brusky se rozdělují dle orientace osy brousícího vřetene, na vodorovné a svislé.

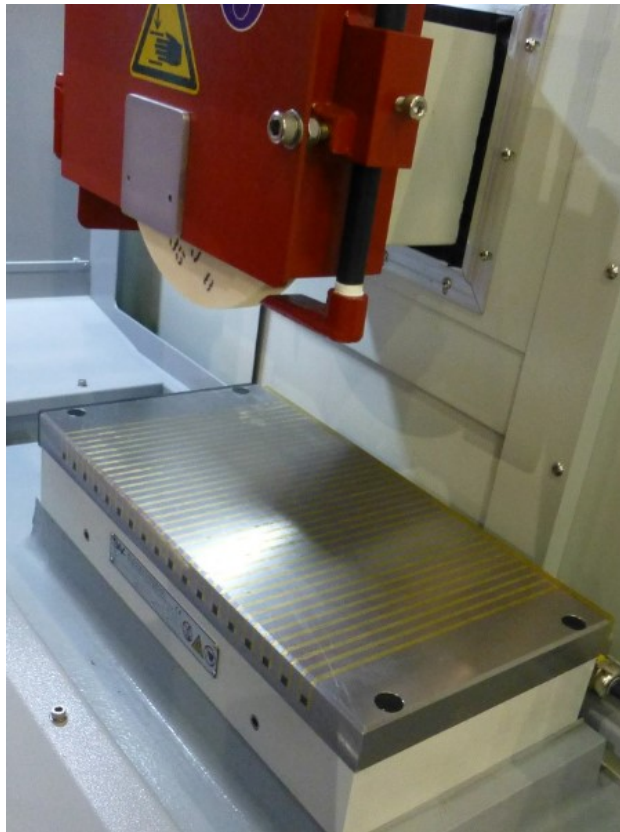
Vodorovné rovinné brusky jsou vhodné pro kusovou i sériovou výrobu, požadavky na přesnost a kvalitu obrobených ploch jsou velmi vysoké. Pomocí tvarových kotoučů lze brousit i velmi složité tvary. Velkou předností je broušení i velmi tvrdých materiálů, např. kalené oceli, či keramiky. Pracovní stůl se pohybuje v přímočarém vratném, či otočném pohybu [obr.11-12].

Svislé rovinné brusky jsou vhodné v kusové, či zámečnické výrobě, požadavky na přesnost a kvalitu obrobených ploch nejsou vysoké, avšak jejich výkon je podstatně vyšší jako u vodorovných rovinných brusek. Využívají se k odebrání většího množství materiálu. Pracovní stůl se pohybuje pouze v přímočarém vratném pohybu [obr.13].

Pásové brusky jsou vhodné jak pro broušení dřeva, tak pro broušení kovových rovinných ploch, vyznačují se velkým výkonem, tvarová přesnost je nižší. Při broušení dřeva se obrobek posouvá ručně, při broušení kovových součástí je brousící pás upevněn na vřeteníku, který se svisle posouvá.



Obr. 11. Rovinná bruska s vodorovným vřeteníkem a pohyblivým stolem [12]



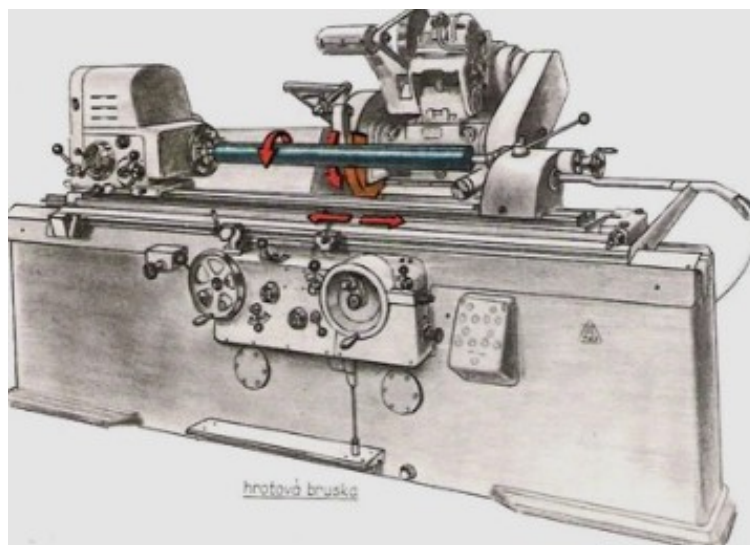
Obr. 12. Magnetický upínač na rovinné brusce
[12]



Obr. 13. Rovinná bruska se svislým vřeteníkem a
pohyblivým stolem [12]

Hrotové brusky

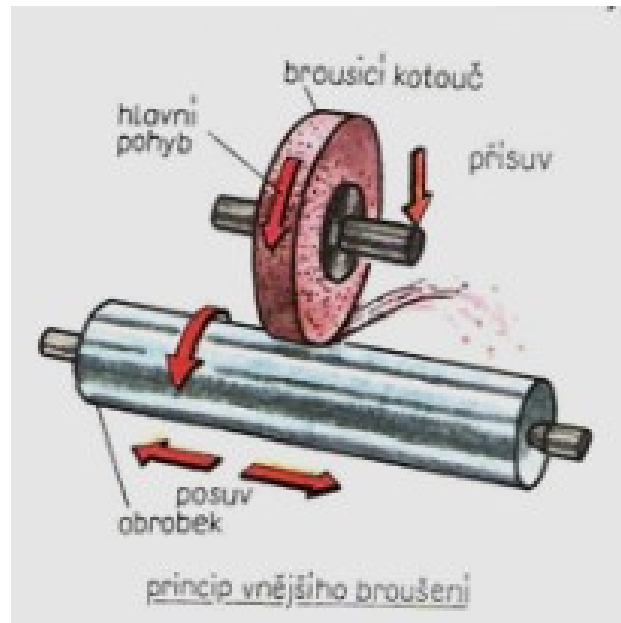
Broušení vnitřních, vnějších válcových a kuželových rotačních ploch. Obrobek je upnut mezi hroty a dle pohybu brusného kotouče se broušení rozděljuje na axiální (podél osy obrobku) a radiální, zapichovací (kolmo k ose obrobku). Odebírá se malé množství materiálu a obrobku se dává konečný tvar. Hrotové brusky se používají jak pro krátké obrobky jednodušších tvarů, kdy je obrobek upnut mezi hrot vřeteně a hrot koníku a vykonává posuvný i rotační pohyb, tak pro dlouhé a těžké hřídele, kdy se obrobek pouze otáčí a ostatní pohyby vykonává brousící kotouč [obr.14].



Obr. 14. Hrotová bruska [12]

Bezhroté brusky

Broušení válcových a kuželových rotačních ploch, za pomoci podávacího kotouče a pravítka. Brusný kotouč a vřeteník tvoří hlavní část jako celek s ložem. Každý vřeteník má svůj vlastní náhon, brousící vřeteně má konstantní otáčky, vřeteně podávacího kotouče má otáčky měnitelné. Obrobek se mezi kotouči otáčí proti jejich smyslu otáčení, podávací kotouč se otáčí ve stejném smyslu jako brusný kotouč. Obrobek leží na šikmé ploše vodícího pravítka a jeho otáčivý pohyb mu dává styk s podávacím kotoučem. Použití bezhrotých brusek je v sériové výrobě, s možností automatizace. Na bezhrotých bruskách se může brousit průběžným i zapichovacím způsobem [obr.15].



Obr. 15. Bezhrotá bruska [12]

Brusky na díry

Broušení vnitřních rotačních a čelních ploch. Obrobky se upínají do sklíčidla nebo na magnetickou desku. Obrobek a brousící kotouč mají opačné smysly otáčení, bruska má výměnná vřetena dle různých průměrů broušených děr. Brusky na díry lze rozdělit na brusky s otáčejícím obrobkem, kde u velkých obrobků vykonává pracovní posuv brousící kotouč, u malých součástí obrobek a na planetové brusky, kde brousící kotouč vykonává rotační pohyb kolem své osy, rotační pohyb kolem daného průměru a posuvný pohyb v ose otvoru.

Brusky s otáčejícím se obrobkem jsou vhodné pro broušení souosých děr s vnějším válcovým povrchem, planetové brusky pro broušení děr v rozměrných obrobkách nepravidelného tvaru.

Nástrojové brusky

Ostření nástrojů, jako jsou frézy, záhlubníky, výstružníky, soustružnické nože apod. Velká přizpůsobivost stroje s velkým příslušenstvím umožňuje použití stroje i pro velmi složité nástroje [obr.16]. Brousící kotouč je výškově stavitelný, vřeteník otočný až o 360°.



Obr. 16. Nástrojová bruska [12]

1.3 Brousící nástroje

Brousícím nástrojem během procesu broušení je mnohábřitový nástroj, brousící kotouč, kterým se odebírají drobné částičky třísky [obr.17].

Rozdělení brousících kotoučů dle základních parametrů:

- Druh brusiva
- Druh pojiva
- Zrnitost brusiva
- Tvrdost nástroje
- Sloh nástroje
- Geometrický tvar a rozměry nástroje

Brusiva:

Tvrdé, houževnaté, ostrohranné látky, kterými lze brousit měkčí materiály.

- Přírodní
 - Vápenec
 - Korund
 - Křemen
 - Diamant
- Umělá
 - Karbid křemíku
 - Karbid bóru
 - Kubický nitrid bóru
 - Syntetický diamant

Brusiva se dále rozdělují dle tvaru na prášky, pasty, plátna a nástroje.

Pojiva:

Vzájemně spojují brusná zrna a zajišťují, aby se otupená zrna odlamovala a byla nahrazována novými. Současně zajišťují požadovaný tvar kotouče.

- Anorganická
 - Keramická
 - Silikátová
 - Magnezitová
 - Kovová
- Organická
 - Pryžová
 - Prskyřičná
 - Šelaková
 - Polyuretanová

Zrnitost:

Velikost brusného zrníčka, které je označeno číslem a odpovídá desetinně měrného rozměru zrna v mikrometrech (μm). Volí se podle předepsané drsnosti povrchu, viz. ČSN EN 12413.

Tvrdomost nástroje:

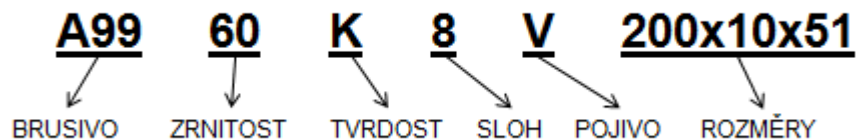
Tvrdomost nástroje je odpor kladený proti vylamování brusných zrn, tvrdomost je dána tvrdomostí pojiva.

Sloh nástroje (struktura):

Sloh je poměr objemu pórů k celkovému objemu nástroje. Pro tvrdé, křehké materiály volíme sloh hutnější, pro houževnaté materiály pórovitější. Pro jemné broušení volíme sloh hutnější, pro hrubování pórovitější.

Geometrický tvar a rozměry:

Volí se s ohledem na charakter práce a tvar broušené plochy.



Obr. 17. Příklad označení brousícího kotouče

2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ

Každá společnost se snaží v její obchodní činnosti být ve vedoucí pozici, dle charakteru společnosti se může jednat i o celosvětovou vedoucí pozici. K úspěšnému splnění cíle má každá společnost určeny strategické pozice úspěchu, které jsou dány vedením organizace a jsou orientovány jak na procesy tvořící hodnoty, podpůrné, logistické, tak na konečné zákazníky.

Mezi zmiňované strategické pozice úspěchu můžou patřit následující:

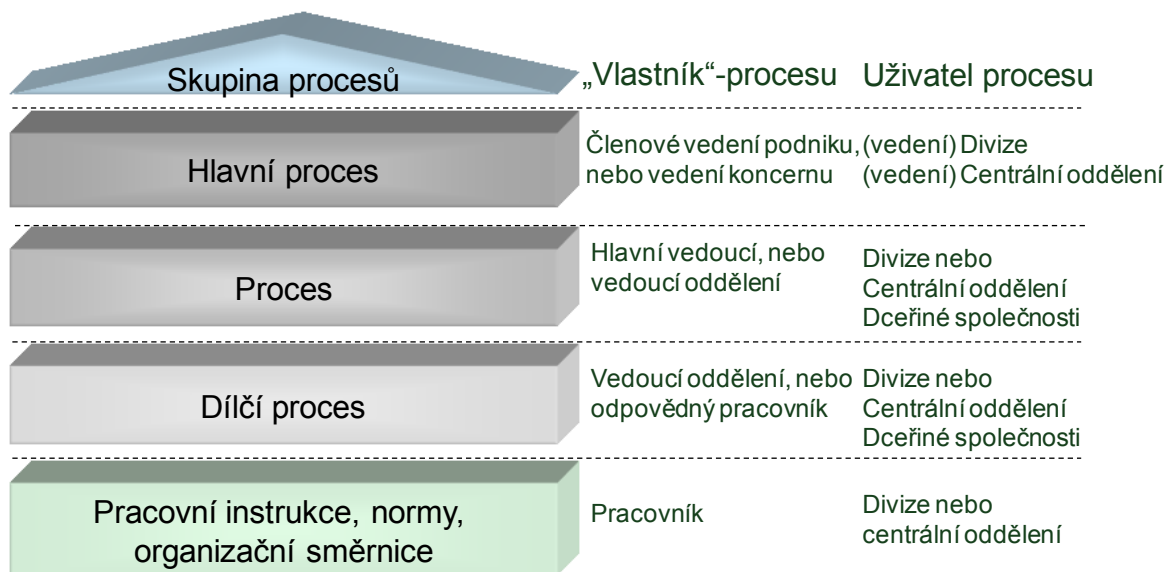
- Zajistit dlouhodobou hospodárnost v oblastech
- Získat a udržet si nadprůměrný podíl na trhu
- Být vůdčí a inovativní ve výrobních technologiích
- Být vůdčí a inovativní v kvalitě výrobků
- Být orientován na zákaznické potřeby, být flexibilní
- Na základě společenských nastavení podporovat a uznávat připravenost spolupracovníků k většímu výkonu a převzetí odpovědnosti

Každá organizace něco uskutečňuje a o někoho nebo něco se stará.

K tomuto je potřeba integrovaný řídicí systém, který spojuje původně rozdělené systémy v jeden rozsáhlý řídicí systém, což komplexně zahrnuje všechny aspekty a úkoly managementu [obr.18].

Příklady řídicích systémů:

- Management kvality ISO 9001
- Management životního prostředí ISO 14001
- Management financí
- Personální management
- Management rizik



Obr. 18. Příklad procesní hierarchie

2.1 Historický vývoj

„Proměnlivost procesu nastává špatnou kvalitou, nižší produktivitou a vyššími náklady. Ještě důležitější však je, že zabraňuje organizaci učit se a zlepšovací proces, protože skrývá propojení mezi příčinou a důsledkem“

LIKER, Jeffrey K. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. 1th ed. McGraw-Hill Education, NY 2004 ISBN 978-00-7139-231-0.

Edward P. Deming zavedl systém PDCA v roce 1950 v Japonsku. Jako první organizací, která tuto metodu převzala a dále rozvíjela do praxe, byla Toyota. Podstata této metody byla v hledání příčin proměnlivého procesu a kontroly pomocí kontrolní listiny. Tato metoda byla založena na Shewartsovém cyklu, zveřejněném v roce 1939 v knize „Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control“, původně použitým jako koordinace záměn mezi výzkumem, vývojem, produkcí a prodejem.

Při realizaci v praxi byla tato metoda nejdříve použita pro koordinaci v různých podnikových oblastech. Poté byla uznána jako organizovaná, efektivní metoda pro koordinaci práce ve všech podnikových oblastech jako denní práce ke strategickému podnikovému plánování. V Toyotě byla tato metoda poté převzata hlavní vedoucí silou jako efektivní metoda pro řešení problémů a neustálé zlepšování procesů, ve všech úrovních organizace a v kruhu se všemi spolupracovníky.

„Vždy, když Toyota definuje standard, popíše hypotézu, která se potom může experimentálně vyzkoušet. Vedoucí síla Toyoty také poznala, že vše závisí na detailech. Pro jistotu stanovila, že všechny činnosti, které se týkají obsahu, sekvence, času a výsledků jsou co nejpřesněji specifikovány“

LIKER, Jeffrey K. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. 1th ed. McGraw-Hill Education, NY 2004 ISBN 978-00-7139-231-0.

Základem většiny modelů zlepšování je pochopení procesů a jejich regulace vzhledem k cílům, které mají být dosaženy. Těchto cílů musí procesy dosahovat efektivně, tedy s co nejmenšími vnitřními náklady a nejvyšší přidanou hodnotou.

„Kdo nezná příčinu, nazve účinek náhodou. Když známe přesnou příčinu problému, řešení je většinou triviální a bez nalezení skutečné příčiny problému neexistuje zlepšení“

LIKER, Jeffrey K. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. 1th ed. McGraw-Hill Education, NY 2004 ISBN 978-00-7139-231-0.

2.2 Současnost

Organizace závisí na zákaznících a měla by proto rozumět dnešním a budoucím potřebám zákazníků, měla by se snažit splnit požadavky zákazníků a poté jejich očekávání předčit. Vedení organizace se stará o jednotlivé vytyčení cílů a srovnání organizace. Měla by působit na interní okolí a být přímá.

Spolupracovníci jsou na všech úrovních ovlivňujícím faktorem organizace, jejich objemné zapojení umožňuje využít jejich schopnosti k prospěchu celé organizace. Požadovaného cíle se dá dosáhnout efektivněji, když činnosti a k nim patřící zdroje se řídí jako proces.

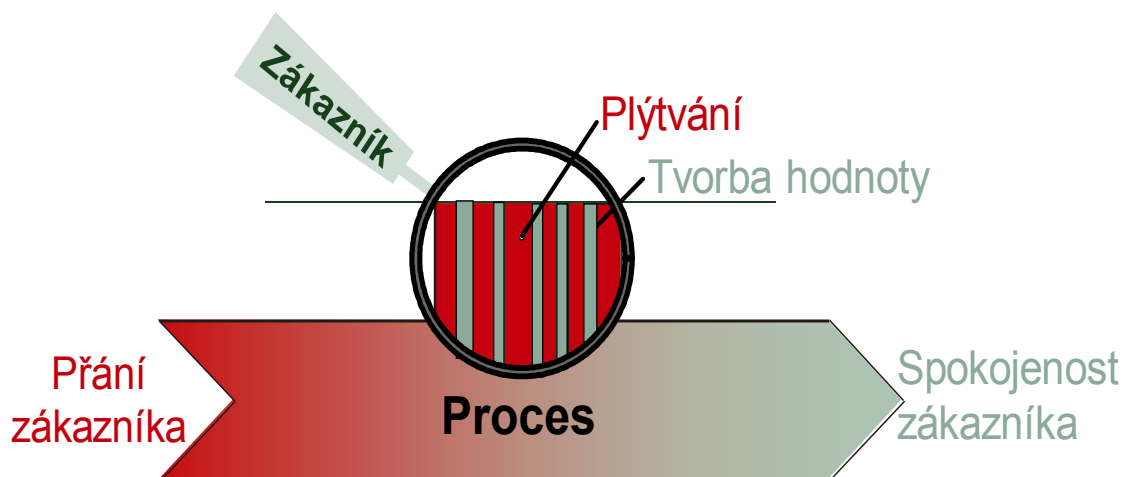
Procesy, které spolu vzájemně souvisí, musí management systematicky poznat, porozumět jim a řízením neustále přispívat k efektivnímu a účinnému dosažení cílů organizace.

Nepřetržité sledování a zlepšování všech výkonů by mělo být stálým úkolem organizace.

Vlastnosti procesů

- Zadání a cíl jsou jasně definovány
- Tvoří přidanou hodnotu na výrobku
- Jsou schopné reprodukce
- Jejich výkon se dá změřit a data zpracovávat
- Lze je neustále zlepšovat
- Jejich cíle vyplývají z účelu výrobku
- Jejich cíle odpovídají dohodám se zákazníky, jak interními, tak externími

Sloh každého procesu se skládá ze dvou základních částí, z tvorby hodnot a plýtvání [obr.19]. Základním rozdílem je však to, že zákazník je ochoten zaplatit za to, co na výrobku tvoří hodnotu. Cílem je tedy optimalizovat procesy tak, aby byly co nejefektivnější a zároveň minimalizovat, či úplně eliminovat všechna plýtvání jak v samotných procesech, tak mezi jednotlivými procesy.



Obr. 19. Sloh procesu

Mezi 7 hlavních druhů plýtvání ve výrobě patří

- Chyby a vícepráce
- Zbytečné pohyby
- Nadvýroba
- Zbytečný transport
- Rozpracovaná výroba
- Čekací časy
- Nevyužití Know-How pracovníků

Mezi 6 hlavních ztrát strojů patří

- Technické výpadky
- Snížení rychlosti
- Náběhové ztráty
- Zmetky a vícepráce
- Najíždění a zastavení
- Běh na prázdno a kritická zastavení

Chyby a problémy je třeba vnímat jako šance pro zlepšení procesu a pomocí důkladné analýzy odstraňovat příčiny chyb tak, aby se předešlo jejich opětovnému vzniku.

Pomocí kvalifikovaných řídicích pracovníků prohlubovat vědomosti a schopnosti ostatních spolupracovníků, kteří pak mohou problémy lépe definovat. Na této bázi jsou pak definovány a prosazovány nové cíle. Pomocí popsaného postupu se může stát organizace „učící se“ organizací.

Na základě standardizované a na fakta poukazující komunikace je hodnocena aktuální situace a závazně dohodnuto nutné opatření ke zlepšení, či odstranění příčiny problému.

Pomocí kvalitně budovaných standardizovaných pracovních postupů se zvládne vybudovat bezchybný a efektivní proces, který poté slouží jako základna pro zajištění výroby odpovídající kvalitě, množství a v termínu požadovaném zákazníkem. Zároveň zavedené standardy zajišťují ochranu Know-How a možnost efektivnějšího zapracování personálu.

Komplexním sledováním celého řetězce procesů jsou analyzována úzká místa a strukturovaně přepracována na pouze jednotlivá místa, čímž se zvyšuje jejich výkonnost. Zvyšováním výkonnosti jednotlivých článků procesu se strukturovaně zlepšuje proces jako celek.

Například skrze detailní analýzy seřizovacích kroků, optimalizaci pracoviště za pomoci nástrojů SMED, jsou seřizovací činnosti optimalizovány, časově redukovány a standardizovány, také je zlepšena ergonomie pracoviště. Následně jsou redukovány jak prostoje, náběhové časy, tak se dosahuje rychlejší průběžné doby výrobků.

Optimálními a standardizovanými pracovními průběhy stabilních procesů se dosahuje i zlepšení účinnosti strojů. Toto se pozitivně projevuje jak v požadované kvalitě, tak v množství vyrobených kusů.

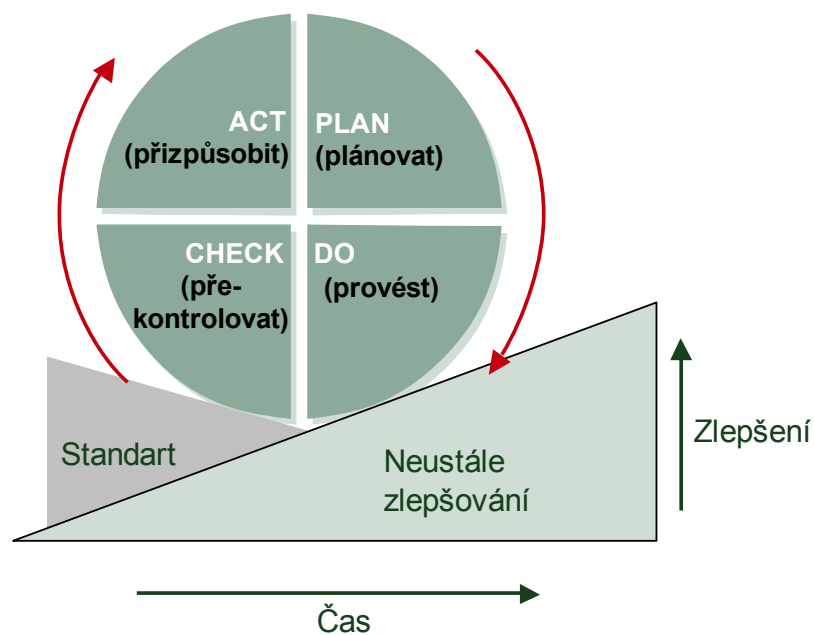
Při plánování rozdělení a uspořádání strojů v závodě je nutné zohlednit přepravu a tok materiálu, a to s ohledem na transportní cesty, místa pro rozpracovanost a bezpečný a optimální pohyb kolem strojů.

Koncept obsluhy stroje je potřeba zohledňovat již při vývoji konkrétního stroje.

Skladbu výrobního nebo technického (technologického) průběhu na často nesledovaných pracovních operacích, např. balení, odmašťování, transport, expedice je třeba důkladně sledovat. Tyto nesledované kroky jsou velmi často důležitými články procesu jako celku a v případě náhlých problémů mohou např. neschopností posunu materiálu procesy negativně ovlivnit.

Měření a optimalizace procesu [obr.20]

- Plan → systematické plánování a dokumentace výrobních postupů
- Do → důsledné provedení postupů odpovídajících plánu
- Check → kontrola výsledků a ověření, zda bylo dosaženo cílů
- Act → oprava, přizpůsobení, jestliže nebylo dosaženo požadovaných výsledků



Obr. 20. Proces PDCA

Plánování (Plan)

Namísto reaktivně řešených, většinou krátkodobých a naléhavých problémů, kdy řešení jsou často „střelena od boku“ se přechází k důkladnému plánování a analýze, ohledávají a zajišťují se všechny možné zdroje a proaktivně se sledují střední a dlouhodobé cíle. Plán slouží jako velmi dobrá příprava pro následující krok.

Pomocí pomocných prostředků se identifikuje a jasně popíše problém, definují se měřitelné a dosažitelné cíle, identifikují se zúčastnění a vše se předem dohodne a komunikuje.

Při důkladné analýze a identifikování problému je systém rozdělen na jednotlivé procesy, které jsou zobrazeny, rozeberou se všechny možné příčiny a formuluje se hypotéza.

Jako pomocné prostředky se použijí mapování procesu (VSM), vývojové diagramy (Flow Charts), diagram příčin a následků (Ishikawa diagram, Fishbone diagram), 7 nástrojů řízení kvality apod.

Provedení (Do)

Díky minimální pozornosti na školení spolupracovníků hrozí nebezpečí aktivismu, improvizace, problém se řeší povrchně a nesystematicky, většinou s žádnou, či špatnou dokumentací.

Pro úspěšné zvládnutí fáze „Do“ jsou před kompletním prosazením provedeny zkoušky, prototypy, použijí se ukazatele, data, checklisty, standardy a všechny odchylky a pokroky se důkladně dokumentují.

Překontrolování (Check)

Zdání na začátku neřešitelného problému, kdy strach zabraňuje ohlášení včasné výstrahy, nahradíme vnímáním problému jako šance ke zlepšení. Specifický proces a jeho výsledkové ukazatele jsou identifikovány, standard je definován a mohou se učinit krátkodobá opatření. Podstatou je, aby problémy nebyly zosobňovány. Za pomoci pomocných prostředků, jako např. tabule ukazatelů, vizuálního managementu, záznamů, měření časů se dostaneme k potvrzení hypotézy. Pokud je hypotéza špatná, je potřeba se vrátit k fázi plánování (Plan). Pokud se hypotéza potvrdila, může se pokračovat k fázi přizpůsobení (Act).

Přizpůsobení (Act)

V závěrečné fázi PDCA cyklu je potřeba se zaměřit na stabilitu procesu, kdy namísto povrchového ošetření a tendence rychle implementovat další řešení bez zjištění skutečné příčiny problému se díky dlouhodobým opatřením a standardizaci zajišťuje stabilita procesu.

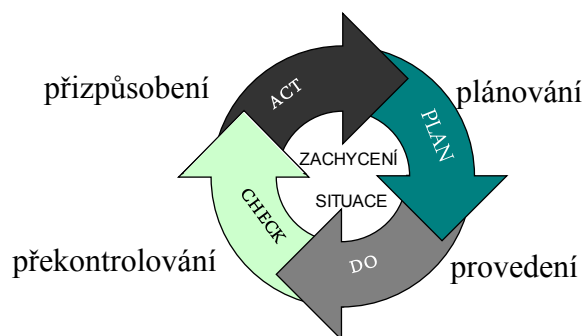
Těžiště řešení úkolů a optimalizace procesu leží na školení spolupracovníků.

Jako pomocné prostředky ve fázi „Act“ lze použít mapování procesů (těch nových), pracovní standardy, vizuální management, Poka Yoke (metoda, která nám minimalizuje chybu způsobenou lidským faktorem), trénink a školení apod.

3 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části jsem se v první kapitole věnoval všeobecnému přehledu broušení, jako nejstaršímu způsobu dokončovacího obrábění kovů abrazivním způsobem, jednotlivým metodám broušení dle charakteru práce, či požadovaného tvaru broušené plochy. Ve všeobecném přehledu jsem popsal i základní typy brousících strojů, nástrojů a materiálů, které se při výrobě nástrojů používají.

Ve druhé kapitole jsem popsal základní procesy a řídicí systémy v organizacích, historický vývoj strukturovaného zlepšování procesů a současný stav, který známe z dnešních firem, které si na poli silné konkurence snaží udržet zákazníky a stát se „učící se“ organizací. Dále jsou popsány jednotlivé druhy plýtvání skrze výrobní procesy a možnosti toto plýtvání minimalizovat, či úplně odstranit za pomoci metody PDCA [obr.21].



Obr. 21. Kruh PDCA

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 HISTORIE A SOUČASNOST FIRMY

Firma je od roku 2001 dceřinou společností mezinárodního koncernu, ve které se na úspěchu podílí několik tisíc zaměstnanců ve více než 150 zemích světa. Společnost je díky špičkovým technologiím, jedinečnému know-how a širokému produktovému portfoliu nejvýznamnější výrobcí nástrojů a systémů ve své oblasti podnikání. Výrobní program obsahuje okolo 70.000 různých typů dílů.

Díly společnosti stojí za textiliemi z rozmanitých materiálů, z osvědčených nebo inovovaných vláken. Tyto textilie najdeme v oblastech módy, dopravy, medicíny, stavebnictví, ale také v ne zcela běžných formách např. u kompozitních materiálů [obr.22].



Obr. 22. Aplikace textílií

V praktické části se věnuji pracovišti rovinného broušení, které se vždy využívalo na broušení jednodušších typů výrobků, většinou v jednosměnném provozu. Na pracovišti byla jedna manuálně řízená bruska na plocho, obsluhována jedním pracovníkem. Situace se změnila v roce 2013, kdy se zavedla nová výroba broušení tenkých dílů s ročním plánem 1 mil. broušených kusů.

4.1 Pracoviště CNC rovinné broušení

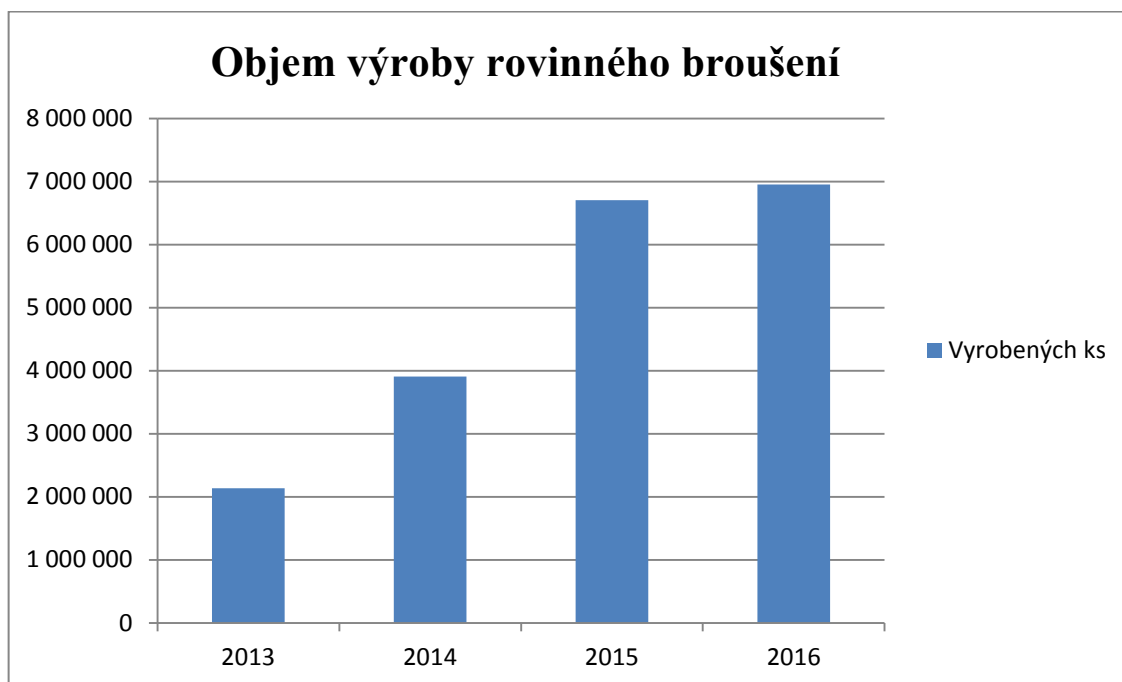
Pro splnění zákaznického požadavku v množství vyráběných platin se při zavádění nového produktu pořídilo i nové strojní vybavení v podobě CNC rovinné brusky BLOHM ORBIT 48. Zároveň došlo i na rozšíření personálu na 2 pracovníky a jejich následné zaškolení ovládání CNC řízeného stroje [obr.23].



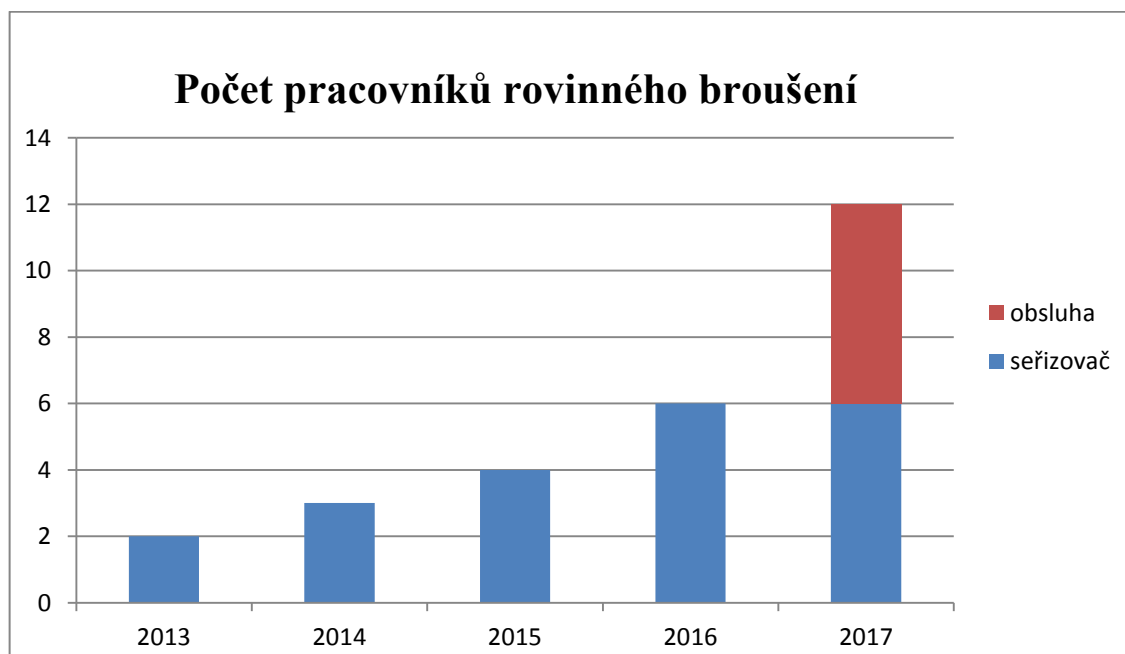
Obr. 23. Blohm Orbit 48 [10]

Postupným navyšováním objemu výroby se pracoviště rozrostlo v letech 2013-2017 na 10 pracovníků, z toho 6 seřizovačů a 4 obsluhy. Strojový park se dále rozrostl na 3 CNC řízené rovinné brusky. Na pracovišti se mimo broušení tenkých dílů zpracovává také jiný sortiment výrobků, převážně broušení výšky těla a broušení zápichů.

Z celkového objemu výroby v roce 2016 tvořily platiny cca.1,5Mil ks. Plán na rok 2017 obsahuje porovnatelný sortiment výrobků v typech a množství jako v roce 2016, nárůst tenkých dílů je však plánován z 1,5Mil ks na 4,5Mil ks. Pro splnění tohoto požadavku je plánováno rozšíření personálu na 12 pracovníků a zavedení nepřetržitého provozu v oblasti rovinného broušení [obr.24-25].



Obr. 24. Vývoj objemu výroby rovinného broušení v letech 2013-2016



Obr. 25. Vývoj počtu pracovníků rovinného broušení v letech 2013-2017

Jako model nepřetržitého provozu je zvolen systém 3x2 v opakujících se 28-denních cyklech, ranní směna 06:00-18:00 hod. a noční směna 18:00-06:00 hod. Celkem 37,5 hodiny týdně na pracovníka [Tab.1].

Tab.2. Model nepřetržitého provozu

Skupina	1. den	2. den	3. den	4. den	5. den	6. den	7. den	8. den	9. den	10. den	11. den	12. den	13. den	14. den	15. den	16. den	17. den	18. den	19. den	20. den	21. den	22. den	23. den	24. den	25. den	26. den	27. den	28. den
1	V	V	N	N	V	V	V	R	R	V	V	N	N	N	V	V	R	R	V	V	V	N	N	V	V	R	R	R
2	V	V	R	R	V	V	V	N	N	V	V	R	R	R	V	V	N	N	V	V	V	R	R	V	V	N	N	N
3	R	R	V	V	N	N	N	V	V	R	R	V	V	V	N	N	V	V	R	R	R	V	V	N	N	V	V	V
4	N	N	V	V	R	R	R	V	V	N	N	V	V	V	R	R	V	V	N	N	N	V	V	R	R	V	V	V

5 OPTIMALIZACE PROCESU BROUŠENÍ TENKÝCH DÍLŮ

Proces broušení tenkých dílů na CNC rovinné brusce se začal realizovat v mateřském závodě v Německu, kde se konstrukčně vyvinul způsob broušení na základě zákaznického požadavku. Sériová výroba se ihned po ukončení vývoje a konstrukce přesunula do dceřiného závodu. Na začátku sériové produkce bylo nutné proces stabilizovat a zajistit odpovídající kvalitu nového produktu.

Hlavním úkolem a cílem projektu optimalizace rovinného broušení tenkých komponentů tedy bylo zachycení aktuální situace po převedení výrobku do závodu, analýza jednotlivých kroků seřizování stroje, obslužných a kontrolních činností, analýza pracoviště z pohledu ergonomie a systému 5S, vytížení stroje, celkové efektivity výroby tenkých dílů, nákladů na přípravky a pomůcky a v neposlední řadě příprava plánu zaškolení dalších pracovníků.

V následující části rozdělím proces broušení tenkých dílů do jednotlivých kategorií dle charakteru činností, a to jak na interní činnosti, které tvoří hodnotu procesu, tak na externí činnosti, které jsou nedílnou součástí procesu. V každé kategorii bude následně na principu PDCA popsán výchozí stav, kroky ke zlepšení, kontrola účinnosti zlepšení procesu a přizpůsobení zavedených změn.

5.1 Logistika

Logistické kroky při broušení platin můžeme rozdělit na kroky, které se provádí pro zajištění přípravy výroby a kroky, které se týkají transportu samotných dílů.

Díly jsou k broušení dodávány jako tepelně opracované polotovary, naskládány ve stojanech po dávkách dle tloušťky dílu. Jednotlivá výrobní zakázka obsahuje 100.000ks dílů.

TYP tloušťka 0,44 6.370ks/dávka

TYP tloušťka 0,55 5.490ks/dávka

Příprava výroby

Přípravou výroby je myšleno zajištění výkresové dokumentace, výkresu pro kontrolu pozice brusu ve zvětšovací projektoru, dat pro nastavení broušené kontury, brousících kotoučů, diamantového orovnávacího kola a pozičních plechů (tyto plechy slouží k usazení tenkých dílů na magnetický upínač stroje a následné zajištění pozice při broušení).

Vstupní situace → výkresovou dokumentaci tiskne ke každé zakázce mistr oddělení, zajišťuje také výkres pro kontrolu pozice brusu, kontroluje správnost brousících kotoučů, jejich objednání a dostatečné množství přímo na pracovní operaci, zajišťuje objednání pozičních plechů z mateřského závodu. Diamantové orovnávací kolo není vedeno skladem, riziko nemožnosti výroby v případě poškození, či zničení.

Plán / Provedení → výkresová dokumentace je uložena ke každé zakázce v plánovacím systému SAP, pracovník si otevírá náhled výkresu na počítači. Součástí výkresu jsou i programovací data broušené kontury. Pro jednodušší zavedení dat do stroje je zhotoven pojízdný stolík s počítačem a bezdrátový přístup do sítě. Pracovník si najede s počítačem ke konkrétnímu stroji a bez nutnosti přepisování dat na papír a chození mezi strojem a počítačem jednoduše opisuje data z náhledu výkresu přímo do stroje. Výkres pro kontrolu brusu zajišťuje pracovník logistiky ke každé zakázce. Brousící kotouče a diamantové orovnávací kolo jsou vedeny skladem, je stanoveno min.množství v závislosti na spotřebě a době dodání. Poziční plechy pro jednotlivé typy dílů jsou dodávány tuzemským výrobcem, interní logistika zajišťuje dodávku ve správném množství, kvalitě a pro každou zakázku přímo na pracoviště na principu KANBAN.

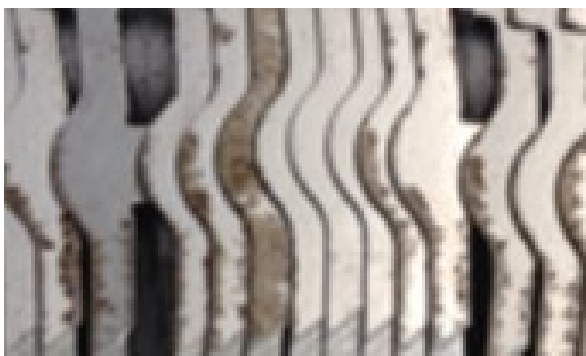
Překontrolování / Přízpůsobení → při zvýšeném objemu výroby se upravilo množství skladem vedených položek, opět v závislosti na spotřebě a době dodání.

Transport dílů

Vstupní situace → obroušené díly se ve stojanech transportují k expedici a následně zpět do mateřského závodu k dalšímu zpracování. U prvních odvedených zakázek se po transportu do mateřského závodu objevuje silná koroze. Tato koroze byla způsobena značným znečištěním po broušení, kdy ocel zreagovala se suchým brusným prachem a během transportu díly zkorodovaly. Transport probíhá v uzavřených dřevěných bednách paletového rozměru 1200x800 [mm] kamionovou dopravou. Mezi odesláním a následným převzetím a mateřském závodě proběhne časová proluka až 48 hod. Zkorodované díly [obr.26] byly reklamovány a musely být následně opravovány v omílacích strojích.

Plán / Provedení → je zpracován a zaveden standard pro obroušené díly, tyto se před transportem očistí v automatickém odmašťovacím zařízení a poté se namáčí do antikorozi směsi. Takto jsou díly dále transportovány do mateřského závodu.

Překontrolování / Přizpůsobení → žádná další reklamace na nečistotu, či korozi dílů.



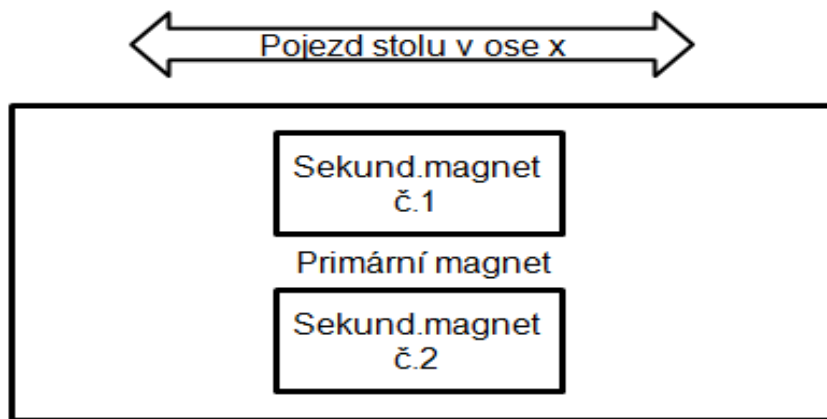
Obr. 26. Znečištění a rez na hotových dílech

5.2 Seřízení stroje

Seřízení stroje spočívá v instalaci předepsaného kotouče dle kusovníku, v jeho vyvážení před a během broušení, v instalaci sekundárních magnetů na primární magnet, nastavení jejich přesné pozice, vyvolání vhodného programu dle typu platiny, kontrola kontury v programu dle výkresové dokumentace a nastavení parametrů broušení. Takto připravený stroj se osadí díly, tyto se obrousí a provede se seřízení na míru dle předepsané výkresové dokumentace. V případě odchylky provádí seřizovač jemné nastavení do doby, kdy stroj stabilně produkuje díly v odpovídajícím taktu a kvalitě dle standardu kvality. Díly jsou broušeny oboustranně, tzn. pro každý jeden díl jsou potřeba dva běhy brusy. Stroj se seřídí na stranu č.1, obrousí se celá zakázka, poté je stroj přeseřizen na stranu č.2 a znovu je obroušena celá zakázka, tentokrát z druhé strany. Pro první brus se používají rovné magnety, pro druhý brus mají magnety pro zajištění pozice v horizontálním stavu vybroušeno osazení v místě prvního brusy. Toto osazení je rozdílné dle tloušťky broušených tenkých dílů. Ve výrobě jsou dvě tloušťky tenkých dílů.

Vstupní situace → vyvažování kotouče probíhá mimo stroj na vyvažovacím trnu vždy na začátku při seřízení nové zakázky a poté dle potřeby během zpracování zakázky. Moment, kdy je potřeba kotouč znovu vyvážit, je v rukách seřizovačů, kteří vyhodnocují situaci dle vibrací stroje. Každé vyvážení znamená demontáž kotouče ze stroje, korekci vyvažovacích kamenů na vyvažovacím trnu a opětovnou montáž kotouče do stroje. Časový náklad této činnosti se pohybuje v rozmezí 20-30min.

Díly jsou broušeny na dvou sekundárních magnetech, v jednom brousícím cyklu je takto obroušeno 68ks dílů. První brus nezávisle na typu vždy shodně, pro druhý brus se magnety přebroušují dle tloušťky typu tenkých dílů. K dispozici jsou 4ks sekundárních magnetů, 2ks pro brus č.1 a 2ks pro brus č.2, které se přebroušují dle broušeného typu platiny. Celkový časový náklad seřízení stroje je 490min. v případě brusy č.1 a 670min. v případě brusy č.2. Při seřízení brusy č.2 je připočítáno 180min. potřebných k vybroušení distančního osazení na magnetech dle tloušťky platiny [obr.27] [Tab.2].



Obr. 27. Broušení na dvou magnetech

Tab.3. Seřízení brusu č.2 – vstupní situace

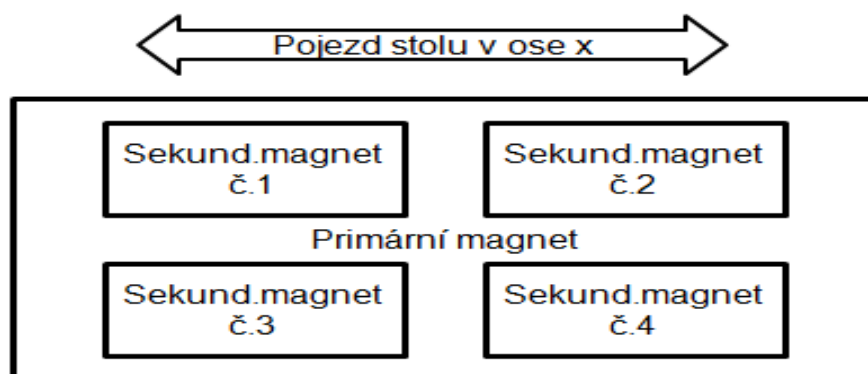
	činnost	čas [min]
1	očištění stroje	10
2	demontáž rovných magnetů po brusu č. 1	35
3	očištění a konzervace demontovaných magnetů	15
4	výměna, vyvážení a orovnění brousícího kotouče	60
5	usazení a přesné nastavení magnetů pro brus č.2	240
6	vybroušení distančního osazení	180
7	nastavení kontury broušení, brousících parametrů	10
8	seřízení brusu tenkých dílů dle výkresové dokumentace	120
	celkem	670

Plán / Provedení → na stroj je nainstalováno zařízení pro vyvážení kotouče přímo ve stroji, toto zařízení obsahuje čidlo otáček a vibrační vřetene a elektroniku, která neustále vyhodnocuje data ze zmíněných čidel. Seřizovač nastaví horní hranici vibrační a při překročení dává elektronika upozornění, seřizovač stroj zastaví a vyváží kotouč. Vhodné pozice vyvažovacích kamenů jsou dány elektronikou, seřizovač je posune dle šablony se 360° do navržené pozice (např. 84°), spustí otáčky, elektronika vyhodnotí vyvážený stav a popř. navrhne korekce. Celkový časový náklad se pohybuje v rozmezí 5-10min. Současně s redukcí potřebného času o cca.60% se zajistil stejný způsob vyhodnocení momentu vyvážení a samotné vyvážení pro všechny seřizovače [obr.28].



Obr. 28. Elektronika vyvážení kotouče

Díly jsou broušeny na čtyřech sekundárních magnetech, v jednom broušícím cyklu je takto obroušeno 136ks dílů. Jsou k dispozici celkem 3 sady po čtyřech magnetech, rovné pro brus č.1 a po jedné sadě s vybroušeným distančním osazením pro tenké díly tloušťky 0,44 a tloušťky 0,55. Díky předpřipraveným magnetům odpadá přebroušování magnetů dle typu, po použití se opět očištěné a nakonzervované uschovají [obr.29] [Tab.3].



Obr. 29. Broušení na čtyřech magnetech

Tab.4. Seřízení brusu č.2 – předpřipravené magnety

	činnost	čas [min]
1	očištění stroje	10
2	demontáž rovných magnetů po brusu č. 1	35
3	očištění a konzervace demontovaných magnetů	15
4	výměna, vyvážení a orovnění brousícího kotouče	60
5	usazení a přesné nastavení magnetů pro brus č.2	240
6	vybroušení distančního osazení	0
7	nastavení kontury broušení, brousících parametrů	10
8	seřízení brusu tenkých dílů dle výkresové dokumentace	120
	celkem	490

Překontrolování / Přizpůsobení → zavedený způsob předpřipravených magnetů je realizován i při navýšení objemu výroby tenkých dílů na dalších dvou strojích, které byly do závodu převedeny.

5.3 Obsluha stroje

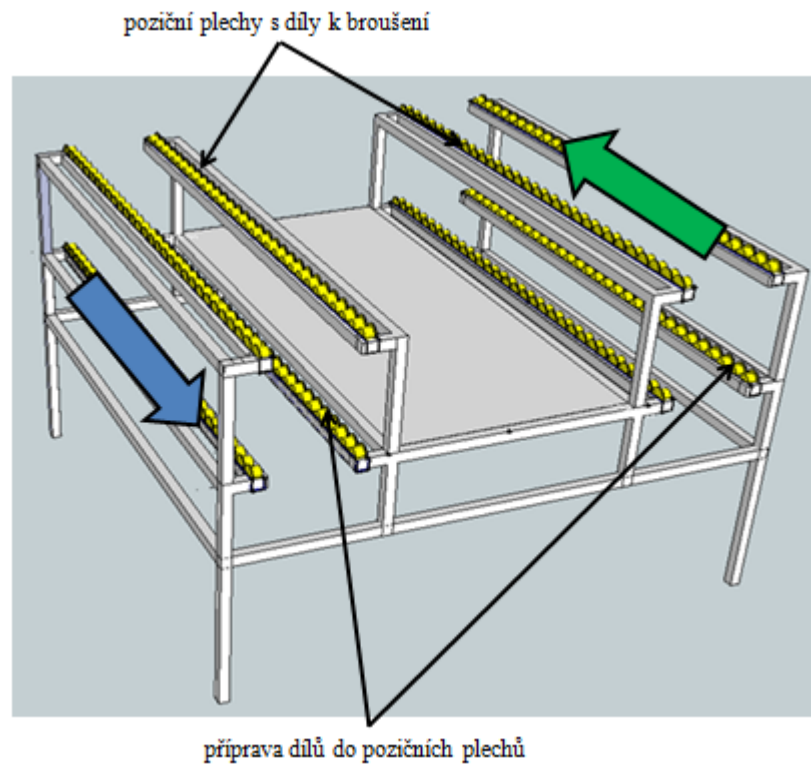
Obsluha stroje spočívá v přípravě a naskládání tenkých dílů do pozičních plechů, usazení těchto plechů na sekundární magnety, spuštění stroje a po brousícím cyklu následné „vybití“ dílů z magnetů, jejich naskládání na transportní stojan, vyjmutí pozičních plechů, jejich osušení a příprava pro další brousící cyklus. Obsluha stroje má dále za úkol provádět kontrolu obroušených kusů dle platné interní normy, a to v předepsaném množství a intervalu, které jsou dány také uvedenou normou.

Vstupní situace → po seřízení stroje a rozběhnutí zakázky v odpovídající kvalitě a odpovídajícím taktu začíná seřizovač plnit úkoly obsluhy. Tenké díly vkládá do pozičních plechů ručně, celkem připravuje pro každý brus čtyři kusy pozičních plechů s celkem 136ks dílů. Stejným způsobem postupuje jak u brusu č.1, tak u brusu č.2 [Tab.4].

Tab.5. Analýza činností obsluhy – vstupní situace

	činnost	interní čas [s]	externí čas [s]	stroj produkuje
1	usazení připravených pozičních plechů s platinami do stroje stroj je očištěn od předešlého brusu	40	0	ne
2	brousící cyklus, během brousícího cyklu provádí seřizovač kontrolu platin předešlého cyklu	200	0	ano
3	vyskládání platin na stojan, očištění pozičních plechů	80	0	ne
4	příprava platin do pozičních plechů - ručně	160	0	ne
	celkem	480	0	
	potřebný čas na personál	480		
	využití stroje během jednoho cyklu (136ks)		42%	

Plán / Provedení → prvním krokem pro zvýšení efektivity stroje se příprava tenkých dílů do pozičních plechů přesunula z interních činností do externích, v praxi se tato činnost začala vykonávat pomocí dalšího pracovníka, který předpřipravil 12ks pozičních plechů s díly a tyto připravil do zásobníku. Zásobník [obr.30] byl sestaven ze dvou pater, horní patro sloužilo pro předpřipravené díly a spodní patro pro poziční plechy po brousícím cyklu, které dále použil externí pracovník pro přípravu dalších sad k broušení. Tento způsob zvýšil efektivitu stroje o 21%, bylo však nutné zajistit předpřipravu pozičních plechů dalším pracovníkem [Tab.5].



Obr. 30. Přípravný stůl kombinovaný

Tab.6. Analýza činností obsluhy – kombinace interní a externí práce

činnost	interní čas [s]	externí čas [s]	stroj produkuje
1 usazení připravených pozičních plechů s platinami do stroje stroj je očištěn od předešlého brusy	40	0	ne
2 brousící cyklus, během brousícího cyklu provádí seřizovač kontrolu platin předešlého cyklu	200	0	ano
3 vyskládání platin na stojan, očištění pozičních plechů	80	0	ne
4 příprava platin do pozičních plechů - ručně	0	160	ne
celkem	320	160	

potřebný čas na pers onál 480
využití stroje během jednoho cyklu (136ks) 63%

Překontrolování / Přizpůsobení → pro zajištění efektivity stroje a efektivnějšího využití personálu se společně s pracovníky vyvinul a vyrobil přípravek, sloužící k efektivnímu nabití tenkých dílů do pozičních plechů. Tento přípravek zajistil redukci potřebného času přípravy 136ks tenkých dílů pro každý brousící cyklus o 75%. Tato činnost se přesunula zpět do interních činností obsluhy a při mírném poklesu využití stroje během brousícího cyklu se potřebný čas na personál zredukoval o 29%. Externí pracovník a přípravný stůl nejsou dále potřební [Tab.6].

Tab.7. Analýza činností obsluhy – přípravek pro vkládání dílů

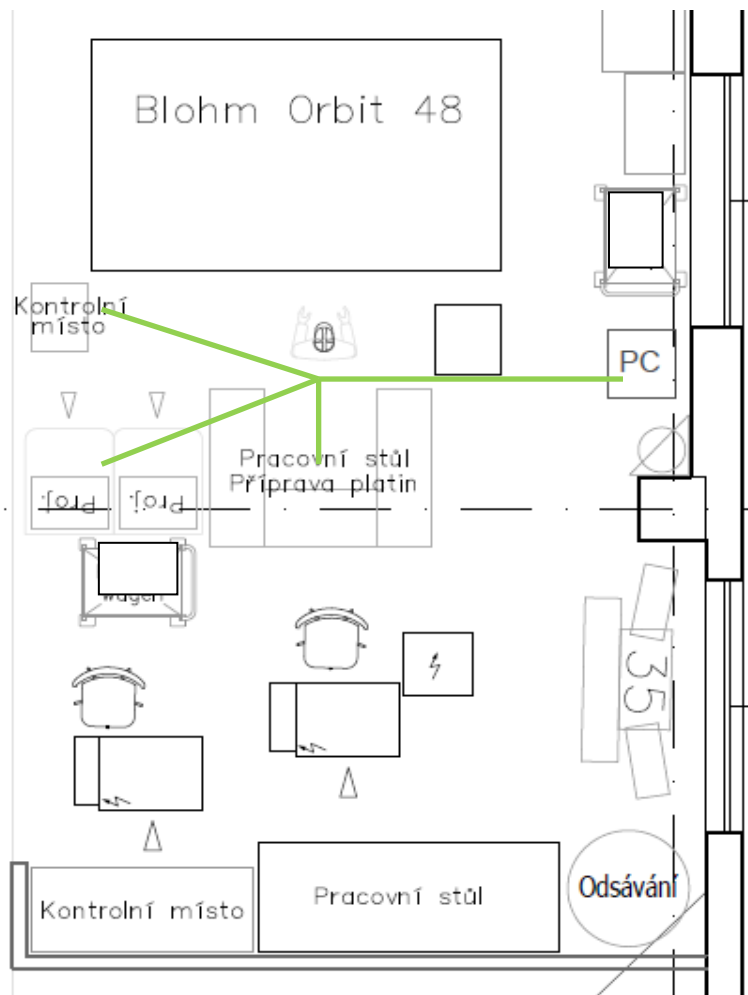
	činnost	interní čas [s]	externí čas [s]	stroj produkuje
1	usazení připravených pozičních plechů s platinami do stroje stroj je očištěn od předešlého brusu	40	0	ne
2	brousící cyklus, během brousícího cyklu provádí seřizovač kontrolu platin předešlého cyklu	200	0	ano
3	vyskládání platin na stojan, očištění pozičních plechů	80	0	ne
4	příprava platin do pozičních plechů - pomocí přípravku	20	0	ne
	celkem	340	0	
	potřebný čas na personál	340		
	využití stroje během jednoho cyklu (136ks)	59%		

5.4 Uspořádání pracoviště, ergonomie a 5S

Vstupní situace → na pracovišti rovinného broušení se nachází jedna CNC bruska, pracovník provádí seřízení stroje, obsluhu stroje a kontrolu dílů [obr.31].

Sekundární magnety pro broušení tenkých dílů přenáší v rukách mezi strojem a úložným místem, dále je k dispozici aktivní magnetický upínač, který se přenáší také v rukách.

Brousící kotouče jsou naskládány na sobě v úložných skříních. U takto uložených nástrojů hrozí riziko poškození.



Obr. 31. Výchozí uspořádání pracoviště

Plán / Provedení → ve spolupráci s pracovníky je navrženo ergonomické pracoviště, kde pracovník provede na jednom místě nabití platin do pozičních plechů, jejich usazení do stroje, kontrolu obroušených dílů a očištění pozičních plechů po brousícím cyklu. Pracoviště obsahuje všechny potřebné měřicí přístroje předepsané kontrolním předpisem. Uspořádání dalších strojů je organizováno tak, aby bylo dosaženo i možné obsluhy mezi více stroji v případě broušení jiného sortimentu, kdy brousící cyklus dosahuje 10min.

Pro uložení kotoučů je zhotoven stojan, ve kterém jsou kotouče uloženy nasazené na přírubách, kotouče jsou takto připraveny pro okamžité použití [obr.32].

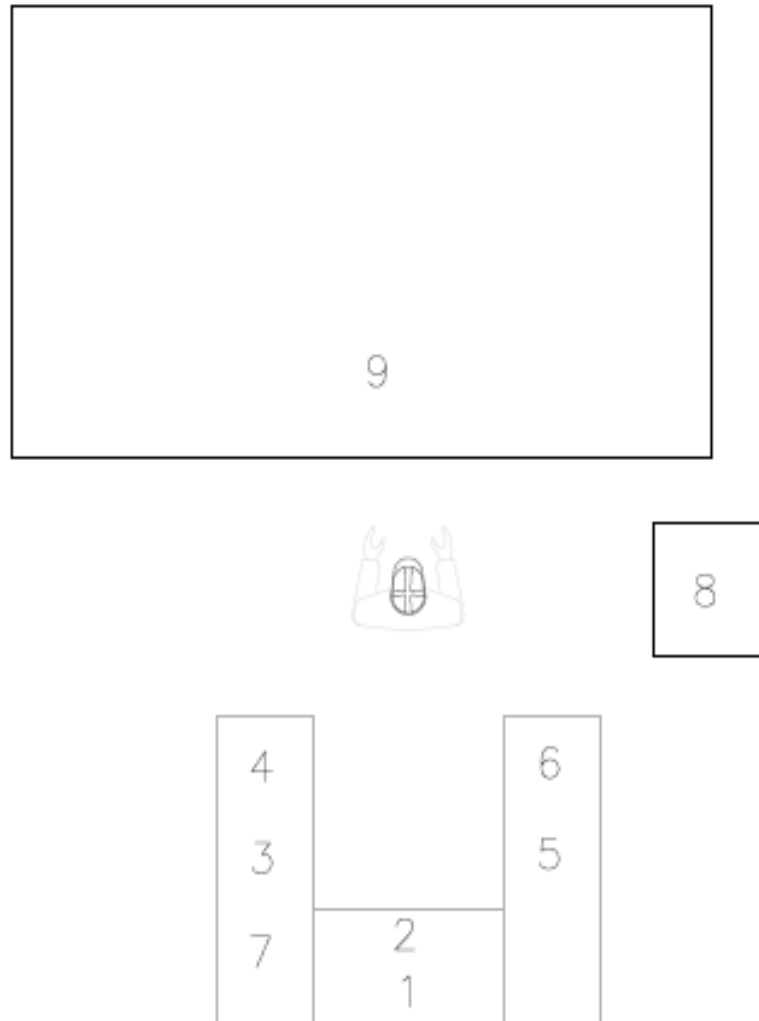
Pro uložení a transport sad sekundárních magnetů a aktivního magnetického upínače je upraven vozík, se kterým seřizovač najede ke stroji a může jednoduše tyto magnetické bloky upnout do stroje. Riziko pádu, či jiného poškození během přenášení v oblasti pracoviště je minimalizováno [obr.33].



Obr. 32. Brousící kotouče



*Obr. 33. Transportní vozík
pro magnetické upínače*

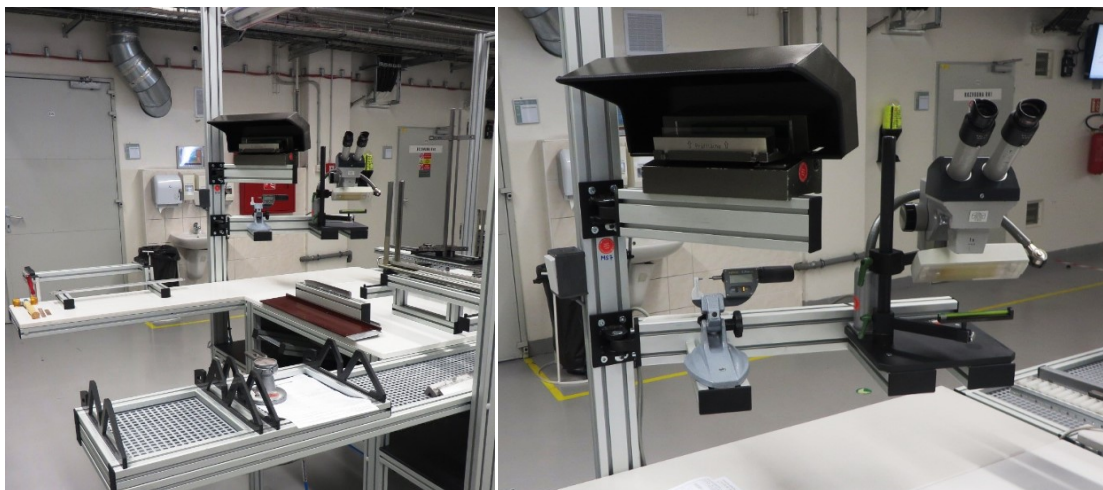


Obr.34. Uspořádání pracoviště

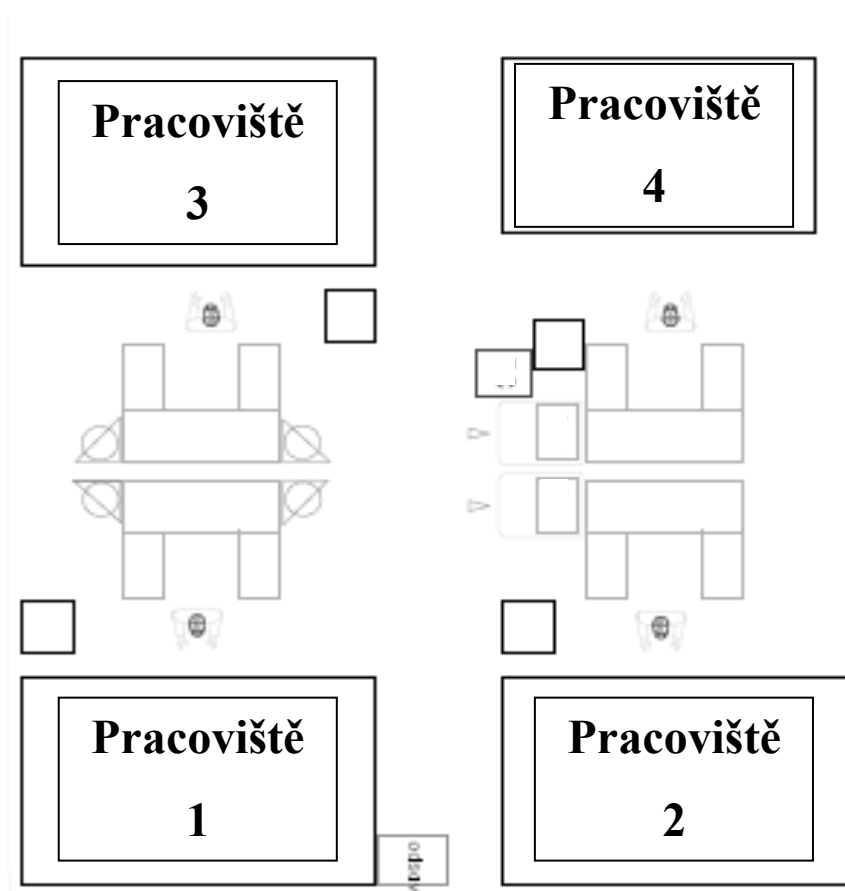
1-vstup materiálu, 2-vkládání tenkých dílů do pozičních plechů, 3-prázdné poziční plechy, 4-poziční plechy s tenkými díly před vložením do stroje, 5-kontrolní a měřicí přístroje, 6-obroušené tenké díly ve stojanu, 7-kanban s pozičními plechy pro běžící typ, 8-kontrolní panel stroje, 9-stroj

Překontrolování / Přizpůsobení → navržené a otestované pracoviště, se všemi potřebnými pomůckami, měřicími přístroji, vstupem a výstupem materiálu, způsobem přípravy tenkých dílů do pozičních plechů v praxi potvrdilo efektivnost práce seřizovačů a obsluh, takto je realizováno i u dalších strojů, které se převedly do výroby.

Při koncepci a následných úpravách pracoviště se vycházelo ze zpracování tenkých dílů, které tvoří více než 70% produktivního času z celého produktového mixu rovinného broušení, universálnost použití i pro ostatní broušený sortiment se zohlednila v maximální možné míře [obr.34-36].



Obr.35. Ergonomické pracoviště



Obr.36. Uspořádání oblasti rovinného broušení

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo získání všeobecného přehledu o metodě broušení a optimalizaci výrobního procesu. V teoretické části jsou popsány jednotlivé metody broušení, brousící nástroje a jejich typy a značení a brousící stroje dle charakteru broušené plochy. Dále je popsán historický vývoj optimalizací výrobních procesů a současnost za pomoci metody PDCA, která slouží jako vodítko strukturované práce při zlepšování každého procesu.

V rámci praktické části bylo vybráno pracoviště rovinného CNC broušení tenkých komponentů. V tomto výrobním procesu byla provedena detailní analýza časů seřízení, činností obsluh stroje, uspořádání pracoviště a logistiky zajišťující nástroje a samotné tenké díly.

Provedená analýza ukázala potenciály ke zlepšení ve všech uvedených oblastech a následně se zavedla opatření, vedoucí k zefektivnění procesu jako celku a zajištění si konkurenceschopnosti na trhu s uvedenými tenkými komponenty.

Tab.8. Shrnutí stěžejních bodů projektu

OBLAST	PŘED	PO	PŘÍNOS
Logistika pracoviště	nástroje a přípravy se objednávají mistry výroby dle zakázek v rozpracovanosti výroby	nástroje a přípravy jsou vedeny jako skladové položky se stanoveným minimem a maximem, toto množství je na základě plánovaných zakázek do výroby hlídáno oddělením přípravy výroby	riziko, že k dané zakázce nebudou potřebné nástroje je minimalizováno
	poziční plechy dodávány mateřským závodem z Německa, cena za kus je cca. 1500kč	poziční plechy dodává tuzemský výrobce, cena za kus je cca. 825kč	při spotřebě 10 pozičních plechů na 100 000ks dílů vlivem opotřebení, je úspora cca. 6750kč
	hotové díly se po broušení transportují do mateřského závodu v uzavřených bednách bez konzervace	zaveden standard očištění hotových dílů a jejich správnou konzervaci	žádná nová reklamacie z důvodu koroze, či nečistot na dílech
Seřízení stroje	brousící kotouč je vyvažován mimo stroj na vyvažovacím trnu	elektronický systém pro vyvážení kotouče přímo ve stroji	potřebný čas pro vyvážení redukován o 60%
	broušení distančního osazení na magnetickém upínači je součástí každého seřízení	předpřipravené magnetické upínače s distančním osazením dle typu broušeného dílu	čas seřízení stroje je díky předpřipraveným mag. upínačům redukován o 25%
Obsluha stroje	komponenty jsou vkládány ručně do pozičních plechů, a to externím pracovníkem	komponenty jsou vkládány do pozičních plechů pomocí zhotoveného přípravku, a to vždy obsluhou stroje	zvýšení efektivity stroje o 17%
Ergonomie pracoviště	brousící kotouč je před přeseřazením stroje nasazen na přírubu	připravené kotouče na přírubách, které jsou uloženy ve stojanu	čas potřebný pro nasazení kotouče během seřízení je 0
	magnetické upínače jsou přenášeny mezi skříní a strojem pracovníky	magnetické upínače jsou uloženy na ergonomickém vozíku, pomocí kterého se transportují ke stroji	riziko pracovního úrazu je minimalizováno
	pracoviště neodpovídá firemnímu systému pořádku dle metody 5S	obslužný stůl se všemi potřebnými měřicími přístroji a přípravky, uspořádání pracoviště s ohledem všech potřebných pohybů pracovníků	potřebné cesty pracovníků mezi měřicími přístroji, vstupem a výstupem z pracoviště redukovány o 50%

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GROOVER, Mikell P. *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems*. 5th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2013, xv, 1101 s. ISBN 978-1-118-23146-3.
- [2] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [3] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 173 s. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [4] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [5] LIKER, Jeffrey K. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. 1th ed. McGraw-Hill Education, NY 2004 ISBN 978-00-7139-231-0.
- [6] HLUCHÝ, Miroslav. a kol. *Nauka o materiálu*. Praha: SNTL, 1978
- [7] DRIENSKY, Dušan, Pavel FÚRIK, Terézia LEHMANOVÁ a Josef TOMAIDES. *Strojní obrábění I*. Praha: SNTL, 1988
- [8] HLUCHÝ, Miroslav. A KOL. *Strojírenská technologie*. Praha: SNTL, 1975
- [9] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3, metody, stroje a nástroje pro obrábění I. díl*. Praha: Scientia, 2005 ISBN 80-7183-337-1
- [10] United Grinding [online]. Dostupné z: www.grinding.ch
- [11] Taima [online]. © 2014 Dostupné z: www.taima.cz
- [12] UČEBNICE elektronická [online]. © 28.8.2015 [cit.2015-08-22] MSMT-7521/2015-40. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PDCA	[Plan-Do-Check-Act [plánování-provedení-překontrolování-přizpůsobení]
SMED	[Single Minute Exchange Of Die [výměna nástroje během jedné minuty]
POKAYOKE	[Metoda, která nám minimalizuje chybu způsobenou lidským faktorem]
VSM	[Value Stream Mapping – mapování procesu]

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1. Geometrie brousících zrn
- Obr. 2. Orovnávací jednotky brousících kotoučů
- Obr. 3. Statické vyvažování brousících kotoučů
- Obr. 4. Dynamické vyvažování brousících kotoučů
- Obr. 5. Rovinné broušení
- Obr. 6. Tvarové broušení
- Obr. 7. Planetové broušení
- Obr. 8. Vnitřní broušení
- Obr. 9. Broušení mezi hroty
- Obr. 10. Bezhraté broušení
- Obr. 11. Rovinná bruska s vodorovným vřeteníkem a pohyblivým stolem
- Obr. 12. Upínání obrobku mezi hroty
- Obr. 13. Bezhratá bruska
- Obr. 14. Bruska na otvory
- Obr. 15. Příklad označení brousícího kotouče
- Obr. 16. Příklad procesní hierarchie
- Obr. 17. Sloh procesu
- Obr. 18. Proces PDCA
- Obr. 19. Kruh PDCA
- Obr. 20. Aplikace textílií
- Obr. 21. Blohm Orbit 48 [www.grinding.ch]
- Obr. 22. Příklad tenkých komponentů
- Obr. 23. Vývoj objemu výroby rovinného broušení v letech 2013-2016
- Obr. 24. Vývoj počtu pracovníků rovinného broušení v letech 2013-2017

Obr. 25. Příklad tenkých dílů

Obr. 26. Znečištění a rez na hotových dílech

Obr. 27. Broušení na dvou magnetech

Obr. 28. Elektronika vyvážení kotouče

Obr. 29. Broušení na čtyřech magnetech

Obr. 30. Přípravný stůl kombinovaný

Obr. 31. Výchozí uspořádání pracoviště

Obr. 32. Brousící kotouče

Obr. 33. Transportní vozík pro magnetické upínače

Obr. 34. Uspořádání pracoviště

Obr. 35. Ergonomické pracoviště

Obr. 36. Pracoviště oblasti rovinného broušení

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Dosahované přesnosti obrobených ploch při broušení

Tab. 2. Model nepřetržitého provozu

Tab. 3. Seřízení brusu č.2 - vstupní situace

Tab. 4. Seřízení brusu č.2 - předpřipravené magnety

Tab. 5. Analýza činností obsluhy - vstupní situace

Tab. 6. Analýza činností obsluhy - kombinace int.,ext.

Tab. 7. Analýza činností obsluhy - přípravek pro vkládání dílů

Tab. 8. Shrnutí stěžejních bodů projektu